

香 川 県 庁 正 員 ○西 村 茂
 徳島大学工学部 正 員 藤 井 清 司
 徳島大学大学院 学生員 三 上 純 一

1. まえがき

近年NATM工法によるトンネル工事が数多く施工されているが、いまだロックボルト、ライニングなどの支保効果が十分解明出来ているとは言難く現在においても数多くの研究がなされている。我々は昨年度から掘削、ロックボルト打設、ライニング施工といった現場工程とはほぼ一致させた3次元模型実験を行っている。昨年度は側圧係数 $K=1.0$ で実験を行い、その結果を報告したが今年度は側圧係数 $K=0.5$ で実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 実験方法

実験方法は昨年度と同様であるので簡単に説明を行う。試験体は一辺75cmの立方体を使用し、重量配合比で水：セメント：細骨材=2：1：8のセメントモルタルを2週間養生したものである。実験は4回行ったが物性値は、ほぼTable.1に示すとうりである。第1回目の実験は、無支保のトンネル実験を行い土被り圧に相当する荷重を 30 kgf/cm^2 、側圧に相当する荷重を 15 kgf/cm^2 をフラットジャッキにより載荷を行う。試験体の前後面は変位を拘束している。掘削は試験体がほぼ力学的平衡に達した後、17.5cm、5.0cm、5.0cm、5.0cm、5.0cmの5段階にわけて行う。第2回目の実験は、支保メンバーとしてロックボルトを採用する。ロックボルトには、長さ7.5cmのねじ釘を用い、全面接着型でFig.1のような配置で打設する。第3回目の実験は、支保メンバーとしてライニングを採用する。ライニングには、超早強セメントを用いたセメントペーストを、厚さ0.5cm壁面に塗りつける。第4回目の実験は、支保メンバーとしてロックボルト+ライニングを採用する。これは第2回目と第3回目の実験を合わせたものである。

本実験では、試験体の挙動をひずみ変化としてとらえるためFig.2に示すようにモールドゲージを配置し、各段階掘削終了後の試験体内各点のひずみを測定する。

3. 結果と考察

Fig.3は、Fig.2.2に示したような円周上に配置したモールドゲージにより、切羽の進行に対応した半径方向ひずみと接線方向ひずみの変化を表したものであり、トンネル中心からの距離 $r=12.0 \text{ cm}$ ($r/a=1.2$, a =トンネル半径)と $r=20.0 \text{ cm}$ ($r/a=2.0$)の位置でのひずみである。この値は測定されたひずみを初期ひずみで割ったものである。またこの場合、初期ひずみはすべて圧縮ひずみである。

トンネル上部に位置するゲージのうち $r/a=1.2$ の半径方向ひ

Table.1

一軸圧縮強度	14.84 kgf/cm ²
割裂引張強度	2.07 kgf/cm ²
せん断強度	6.9 kgf/cm ²
内部摩擦角	23.7°
単位体積重量	1.96 g/cm ³
弾性係数	$2.8 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
ポアソン比	0.187

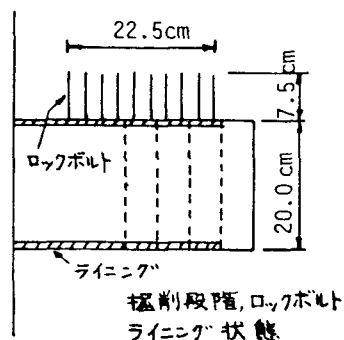


Fig.1

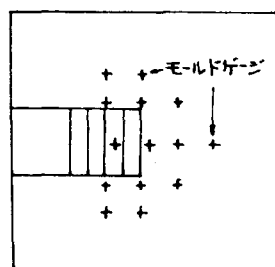


Fig.2.1

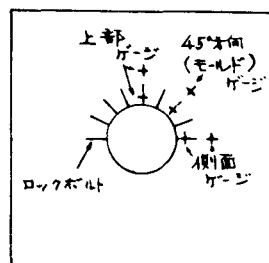


Fig.2.2

ずみは、切羽の進行に伴い増加を示し、切羽が接近すると減少へと向う。その減少の割合は無支保の場合の方が大きく、切羽が通過する以前に既に引張りずみを生じている。 $r/a=2.0$ のゲージでの半径方向ひずみは、 $r/a=1.2$ の場合と同様な傾向を示すが支保を施している場合のみ引張りずみを生じる。このことから掘削による応力再配分の影響を支保によって遠くまで及ぼしているものと思われる。接線方向ひずみは、無支保の場合、 $r/a=2.0$ で圧縮ひずみが増加しているが支保を施している場合減少を示している。このことから支保により応力減少域が広がったものと思われる。

45°方向のゲージでは、 $r/a=1.2$ の半径方向ひずみは、無支保では引張りずみを生じていないが、支保を施した場合生じている。これは、支保材によりトンネル周辺に支持リングができ不当な応力をまわりに再配分したものである。接線方向ひずみは、無支保では増加から減少へと変化しているが支保を施している場合増加のみである。 $r/a=2.0$ の半径方向は、ほぼ $r/a=1.2$ の場合と同じであり、接線方向は、増加を示している。

トンネル側面のゲージでは、半径方向ひずみは、 $r/a=1.2$ の無支保の場合のみ、増加を示しているが他のゲージは減少、増加と変化している。接線方向ひずみは、すべて単調な増加を示している。

また、トンネル入口から 27.5 cm のトンネル上部に位置しているゲージの、トンネル軸方向ひずみと垂直方向ひずみの変化について見てみる。 $r/a=1.2$ の垂直方向ひずみは、ロックボルトのみの場合切羽の接近に伴い圧縮ひずみが減少し、引張りずみが生じている。無支保の場合、減少はするが引張りずみは生じていない。このことからロックボルトの長さが短すぎたため、地山の応力がボルト周辺に集中したため変位の増大を引き起こしたと思われる。

4. 結論

- ◇ 側圧係数 $K=0.5$ で実験を行ったため、トンネル周辺の応力状態が前回の実験とくらべ複雑になるが、ロックボルト、ライニング等の支保材により応力は均一な状態となり、これにより過剰な応力を緩和することが出来る。
- ◇ 支保材により地山材の強度を向上させる働きがある。
- ◇ 前回と同様、支保材により応力再配分の影響を遠くまで及ぼし、不当な応力集中を防ぐことが出来る。
- ◇ ロックボルトの長さ及び配置の正しい施工を行えば変位を抑えより安全となるが、施工を間違えると大きな変位を生じる可能性がある。

参考文献

藤井、西村他、"切羽進行を考慮した NATM の 3 次元模型実験"、第 36 回中四国土木学会講演概要集、1984。

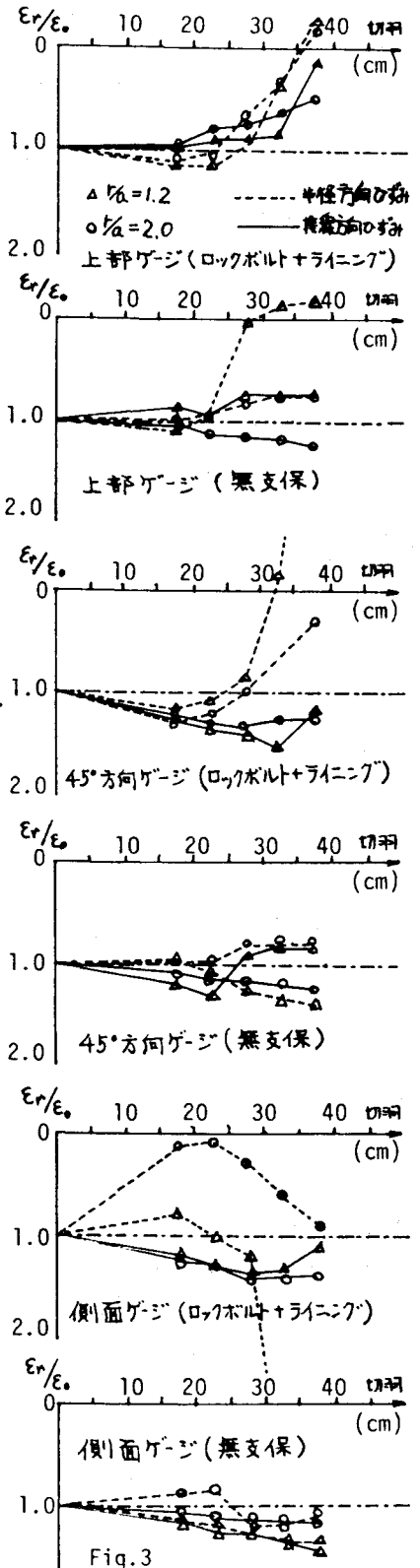


Fig.3